

# **CiLocalize:**

## **Um aplicativo de localização indoor para o Centro de Informática**

Germano Martins de Souza



CENTRO DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

João Pessoa, 2018



Germano Martins de Souza

# CiLocalize

Monografia apresentada ao curso Ciência da Computação  
do Centro de Informática, da Universidade Federal da Paraíba,  
como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação

Orientador: Danielle Rousy Dias da Silva

Junho de 2018

Ficha Catalográfica elaborada por  
Rogério Ferreira Marques CRB15/690

S729c

Souza, Germano Martins de.

CiLocalize: um aplicativo de localização indoor para o Centro de  
Informática / Germano Martins de Souza. – João Pessoa, 2018.  
46p. : il.

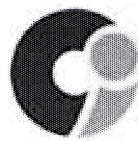
Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade  
Federal da Paraíba - UFPB.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Danielle Rousy Dias da Silva.

1. Ciência da Computação. 2. Aplicativo Android. 3. Posicionamento  
indoor. 4. Sistemas de posicionamento local. I. Título.

UFPB/BSCI

CDU: 004. (043.2)



CENTRO DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciência da Computação intitulado ***CiLocalize***  
de autoria de Germano Martins de Souza, aprovada pela banca examinadora constituída  
pelos seguintes professores:

*Danielle Rousy Dias da Silva*

Prof. Dr. Danielle Rousy Dias da Silva  
Universidade Federal da Paraíba

*Eudisley Gomes dos Anjos*

Prof. Dr. Eudisley Gomes dos Anjos  
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Claurton de Albuquerque Siebra  
Universidade Federal da Paraíba

Coordenador(a) do Departamento de Informática  
Gustavo Henrique Matos Bezerra Motta  
CI/UFPB

João Pessoa, 4 de junho de 2018



*”Nunca deixe que lhe digam  
Que não vale a pena  
Acreditar no sonho que se tem  
Ou que seus planos  
Nunca vão dar certo  
Ou que você nunca  
Vai ser alguém”  
(Renato Russo)*





## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe Euribênia e sua amiga Clotilde, a meu pai Germano, minha irmã Girlene e seu marido Romildo, a mãe avó Benônia, meus primos André e Eurico, minhas tias Eurideia e Lúcia, meu tio Alberto e toda minha família que, com muito esforço, não mediram esforços para me ajudar ao longo de minha trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

A professora Danielle Rousy, pela orientação, apoio e confiança.

A Samuel Oliveira pelo auxílio na escrita do presente trabalho.

A todos os professores os quais tive o prazer de ser aluno.

A todos meus amigos que me ajudaram de alguma forma.

Aos alunos que fizeram as pesquisas que serviram de base para este trabalho.

Ao professor Fernando Grings e ao canal Me Salva! por apresentarem conteúdos de cálculo de forma didática.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema para auxiliar alunos do Centro de Informática a encontrar locais internamente, tal necessidade foi observada através de pesquisas feitas na unidade sede da Universidade Federal da Paraíba. Para o desenvolvimento do aplicativo foram utilizadas ferramentas disponibilizadas pela plataforma IndoorAtlas. O presente trabalho teve como resultado um aplicativo que recebe como entrada o local de destino desejado e exibe uma rota entre a posição inicial e o destino, além da posição atual do usuário.

**Palavras-chave:** Posicionamento Indoor, Indoor Atlas, Aplicativo Android, Sistemas de posicionamento local.

## ABSTRACT

The present work aimed to develop a system to help students of the Center of Informatics to find places internally. This need was observed through research done in the headquarters unit of the Federal University of Paraíba. For the development of the application were used tools provided by the IndoorAtlas platform. The present work resulted in an application that receives as input the desired local destination and displays the current position of the user and a route between the initial position and the destination.

**Key-words:** Indoor Positioning System, Indoor Atlas, Android Application, Local Positioning System.

## LISTA DE FIGURAS

1	Método da Triangulação . . . . .	21
2	Diagrama de Fluxo de Dados . . . . .	27
3	Diagrama de Classes . . . . .	28
4	Criação de Localização utilizando a plataforma Indoor Atlas . . . . .	28
5	Criação de planta usando a plataforma Indoor Atlas . . . . .	29
6	Sobreposição de Imagem . . . . .	29
7	Inserindo um Ponto de Referência . . . . .	30
8	Pontos de Referência . . . . .	30
9	Caminhos percorridos no segundo andar utilizando o aplicativo Map Creator 2 . . . . .	31
10	Cobertura do campo magnético no Subsolo . . . . .	32
11	Cobertura do campo magnético no Térreo . . . . .	32
12	Cobertura do campo magnético no Primeiro Andar . . . . .	33
13	Cobertura do campo magnético no Segundo Andar . . . . .	33
14	Cobertura do campo magnético no Terceiro Andar . . . . .	34
15	Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Subsolo . . . . .	34
16	Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Térreo . . . . .	35
17	Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Primeiro Andar . . . . .	35
18	Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Segundo Andar . . . . .	36
19	Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Terceiro Andar . . . . .	36
20	Qualidade do sinal wi-fi no Subsolo . . . . .	37
21	Qualidade do sinal wi-fi no Térreo . . . . .	37
22	Qualidade do sinal wi-fi no Primeiro Andar . . . . .	38
23	Qualidade do sinal wi-fi no Segundo Andar . . . . .	38
24	Qualidade do sinal wi-fi no Terceiro Andar . . . . .	39
25	Entrada de Dados . . . . .	40
26	Filtro de acordo com o texto digitado . . . . .	41

27	Rota de acordo com a posição inicial(Leonardo e demais professores) e o destino desejado(Biblioteca) . . . . .	41
----	--	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)

CI – Centro de Informática

EUA - Estados Unidos da América

GPS – Global Positioning System(Sistema de Posicionamento Global)

LPS - Local Positioning System(Sistemas de posicionamento local)

MAC - Media Access Control(Controle de Acesso de Mídia)

MEMS – Microelectromechanical System(Sistema Microeletromecânico)

RSSI - Received Signal Strength Indicator(Indicador de Força do Sinal Recebido)

SSID - Service Set Identifier(Nome de uma rede sem fio)

SDK - Software development kit(Kit de desenvolvimento de software)

TAMK - Tampere University of Applied Sciences

Wi-Fi - Wireless Fidelity(Fidelidade sem fio)

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	Definição do Problema . . . . .	18
1.2	Objetivo geral . . . . .	18
1.3	Objetivos específicos . . . . .	18
1.4	Estrutura da monografia . . . . .	18
<b>2</b>	<b>CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>20</b>
2.1	Sensores . . . . .	20
2.2	GPS . . . . .	20
2.3	Acelerômetro . . . . .	22
2.4	Barômetro . . . . .	22
2.5	Giroscópio . . . . .	23
2.6	Magnetômetro . . . . .	23
2.7	Sistema Microeletromecânico . . . . .	23
2.8	Fusão de Sensores . . . . .	24
2.9	Trabalhos Relacionados . . . . .	24
<b>3</b>	<b>DESENVOLVENDO O CI LOCALIZE</b>	<b>26</b>
3.1	Visão Geral do CILocalize . . . . .	26
3.2	Etapa de Configuração usando o aplicativo web . . . . .	27
3.3	Etapa de Configuração usando o aplicativo Map Creator 2 . . . . .	30
3.4	Qualidade do Mapeamento Realizado com o Map Creator 2 . . . . .	31
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Está cada vez mais fácil encontrar determinada informação espacial utilizando algum serviço de geolocalização, entretanto, caso essa informação seja de algum ponto localizado em um ambiente fechado (indoor) a facilidade não é a mesma, pois tais serviços não fornecem dados dos diferentes pavimentos situados em uma construção.

Imagine um ambiente qualquer tal como uma edificação, cada objeto, como salas, por exemplo, encontrado em tal ambiente pode ter as informações espaciais armazenadas, o que permite que sejam encontrados utilizando sensores presentes em seu smartphone.

Esse cenário descrito é bastante desejável, principalmente considerando grandes edificações que dão suporte a vários serviços em um mesmo lugar como shoppings e grandes instituições tipo universidade. Para o usuário final, ser conduzido a seu destino de maneira eficaz nesses tipos de edificações, é algo muito atrativo.

Em pesquisas realizadas dentro do Centro de Informática (CI) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) com os feras[1, 2, 3, 4], uma das maiores dificuldades apontadas nesta pesquisa é a dificuldade em se localizar dentro da instituição. Os estudantes informaram que é difícil conhecer onde ficam as salas que serão dadas as aulas, onde ficam as coordenadas, dentre outros locais necessários.

Dessa forma, o desenvolvimento de um sistema que possibilite ao usuário chegar a seu destino dentro de uma edificação é ainda uma necessidade. Esses sistemas são chamados de sistemas de localização indoor. Eles representam um meio de localizar objetos situados em ambientes internos ou fechados, que se utilizam basicamente de três sinais distintos capturados por um equipamento móvel: Wi-Fi, o acelerômetro e o campo magnético.

O posicionamento magnético, geralmente possui precisão entre um e dois metros e nível de confiança de noventa por cento, ela funciona através da variação do campo magnético criada a partir dos ferros da construção.

Por sua vez, o acelerômetro pode ser utilizado para verificar a aceleração do indivíduo, e, conseqüentemente, saber sua posição, com base em uma posição inicial, podendo cruzar informações com mapas e chegar a uma posição exata.

Já o sistema baseado em Wi-Fi é uma técnica que utiliza os pontos de acesso sem fio para medir a intensidade do sinal receptor, podendo assim calcular a distância do ponto de acesso, utilizando como parâmetro o SSID(Service Set Identifier), que é o nome da rede sem fio, e o endereço MAC do aparelho.

O presente trabalho utilizou uma ferramenta que une informações de vários sensores para criar uma melhor estimativa de localização.

## **1.1 Definição do Problema**

Dentro de grandes instituições, como a UFPB, a ausência de informações de localização das salas dificultam a orientação no trajeto as diferentes aulas, principalmente quando considerando os alunos ingressantes.

Várias pesquisas feitas na unidade sede da UFPB constataram que uma das maiores reclamações dos estudantes, sobretudo os novatos, era a falta da dificuldade em encontrar suas salas ao entrar na universidade, como também buscar os serviços e informações ofertados por setores dentro da instituição [1, 2, 3, 4]. Contudo, um sistema de localização indoor poderia ajudar na resolução deste problema.

Com base nesse cenário, este trabalho se propõe a desenvolver um sistema de localização indoor para o CI. O presente trabalho visa responder a seguinte questão: Como criar um aplicativo com sistema de localização indoor para auxiliar os alunos na dificuldade em encontrar locais internamente?

Aqui, ficaremos restritos a criação de um sistema que dará suporte à localização de salas encontradas no Centro de Informática, localizado na Universidade Federal da Paraíba.

## **1.2 Objetivo geral**

Desenvolver um aplicativo com base nos conceitos de um sistema de localização indoor capaz de auxiliar os alunos a encontrar locais internamente no Centro de Informática.

## **1.3 Objetivos específicos**

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Analisar aplicativos cuja temática seja semelhante ao do presente trabalho, para entender como solucionaram problemas relativos a localização.
- Desenvolver um protótipo contendo dois pavimentos, de maneira que seja possível verificar possíveis problemas e alterações necessárias para a melhoria do projeto.

## **1.4 Estrutura da monografia**

O documento está dividido em 5 capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se o projeto, expondo uma breve contextualização e apresentando a problemática vislumbrada,

assim como os objetivos geral e específicos. No segundo capítulo são apresentados conceitos gerais sobre o tema, além de apresentar trabalhos relacionados. O terceiro capítulo apresenta uma visão geral do projeto além de especificar as etapas do desenvolvimento. O quarto capítulo mostra o resultado do desenvolvimento do aplicativo, explicando como ocorre a entrada de dados e a exibição da rota. O quinto capítulo contém conclusões a cerca do trabalho, analisando seus principais aspectos e contribuições, além de planejar trabalhos futuros.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

Um sistema baseado em localização indoor se utiliza de diversos sensores para determinar uma localização específica, tais quais o acelerômetro, o barômetro, o giroscópio, o magnetômetro e/ou a combinação desses. A maior parte dos sensores que serão apresentados aqui estão presentes nos celulares atuais, além de outros dispositivos móveis. A seguir apresentamos brevemente definições a cerca de tais dispositivos.

### 2.1 Sensores

Ribeiro(2002), define um sensor como sendo um dispositivo capaz de medir uma grandeza física, tais quais temperatura, velocidade, distância e pressão, por exemplo. [5, p. 228].

Por sua vez, Patsko(2006), define sensor como sendo “aquilo que sente” e explica que, na eletrônica, qualquer componente ou circuito eletrônico que permita a análise de uma determinada condição do ambiente, sendo ela simples(tais quais temperatura ou luminosidade) ou mais complexa(como detecção de partículas subatômicas), pode ser classificado como um sensor. Explica também que um sensor é um tipo de transdutor, ou seja, um componente capaz de transformar um tipo de energia em outro. [31, p. 1].

Com o que foi dito, percebe-se que um sensor é um transdutor utilizado para medir o valor de grandezas físicas. Os sensores presentes nos celulares atuais são sistemas microeletromecânicos(MEMS), sendo que cada um deles pode ser útil para determinada tarefa, os que podem ser utilizados para a criação de um sistema de posicionamento terão definições apresentadas nas subseções seguintes.

### 2.2 GPS

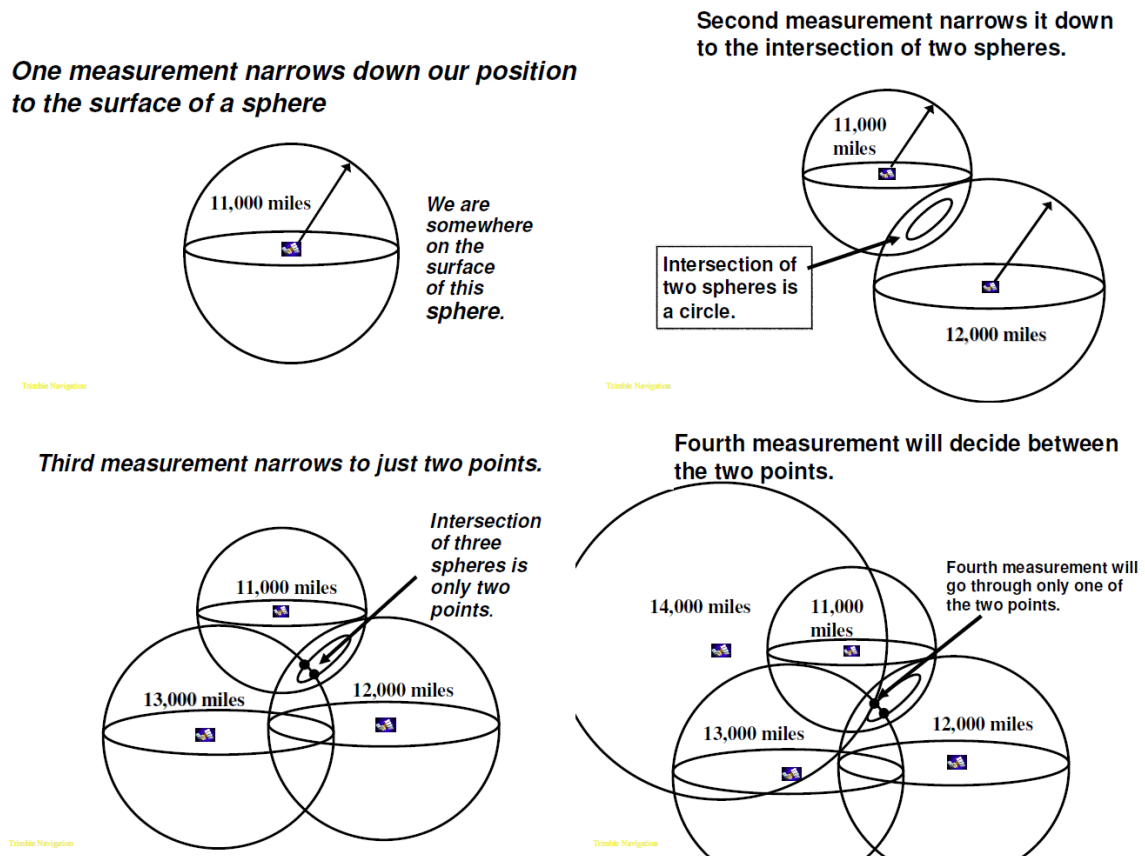
O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema de navegação por rádio satélite desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA. O sistema faz uso da transmissão de sinais de microondas produzidos pelos satélites de órbita terrestre, permitindo que um receptor de GPS determine a sua posição, velocidade e tempo [16].

Albuquerque(2003), informa que o GPS é capaz de fornecer coordenadas planas ou espaciais de pontos no terreno, além da velocidade e direção do deslocamento entre pontos [12].

Para calcular as coordenadas bidimensionais do usuário, essencialmente, o receptor GPS mede a distância de cada satélite pela quantidade de tempo que leva para receber um sinal transmitido, usando algoritmos TOA(Time Of Arrival). Ao determinar a distância de no mínimo três satélites, o receptor do GPS calcula a posição do aparelho através da

trilateração, que é um método que utiliza três posições fixas e a distância de cada uma delas com relação a um mesmo ponto desconhecido [27].

Já para calcular as coordenadas tridimensionais, o receptor pode determinar uma posição utilizando a triangulação, para isso, é necessário que o satélite e a posição sejam conhecidas por pelo menos 4 satélites. A técnica consiste de quatro etapas, na primeira, a posição do usuário é reduzida a superfície de uma esfera; na segunda a posição é limitada a interseção de duas esferas; na terceira é reduzida para apenas dois pontos; na quarta ocorre a decisão da escolha entre os dois pontos (Figura 1). As fontes de erros de GPS podem ser inúmeras entre elas: erros de relógio de satélite, erros de órbita, interferência ionosférica, interferência troposférica, dentre outros. [32].



**Figura 1: Método da Triangulação**

Através das coordenadas fornecidas pelo GPS, pode-se estimar a localização de objetos, entretanto, tal estimativa não funciona bem em ambientes fechados devido a interferências, por conta disso, é necessário utilizar também outros sensores, que serão abordados a seguir.

## 2.3 Acelerômetro

Segundo a empresa Britannica, o acelerômetro mede a aceleração utilizando a taxa na qual a velocidade de um objeto está mudando. Como a aceleração não pode ser medida diretamente, a função do acelerômetro é "medir a força exercida pelas restrições que são colocados em uma massa de referência para manter sua posição fixa em um corpo de aceleração", tal aceleração é calculada através da relação entre a força de retenção e a aceleração dada pela a segunda lei de Newton:  $\text{força} = \text{massa} \times \text{aceleração}$  [25].

Já a empresa Dimenion Engineering, explica que um acelerômetro é um dispositivo eletromecânico cujo objetivo é medir forças de aceleração, podendo ser tanto estáticas quanto dinâmicas [26].

Andrejasic(2008), define um acelerômetro como um dispositivo eletromecânico que tem como objetivo medir as forças de aceleração. Tais forças podem ser estáticas(como a gravidade) ou dinâmicas(causadas pela movimentação ou vibração do acelerômetro) [17, p. 2].

Patsko(2006), complementa que são dispositivos cuja proposta é medir a aceleração sofrida por um corpo [31, p. 47].

Com base nas definições apresentadas, percebe-se que um acelerômetro é um dispositivo usado para medir forças de aceleração sofridas por um corpo. A partir de um referencial inicial, é possível estimar a distância percorrida em determinado período de tempo e assim saber a localização do usuário.

## 2.4 Barômetro

Ángel(2015), define o barômetro como sendo "um instrumento meteorológico usado para medir a pressão atmosférica", e explica que o princípio do barômetro é medir a pressão da coluna de ar, do local da observação até o topo da atmosfera, tal medição é realizada utilizando uma coluna de mercúrio contida em um tubo de vidro. [19, p. 1].

O barômetro pode também medir a altitude de forma indireta, já que, conforme explica o grupo Topus(2015), a altitude pode ser medida de forma indireta utilizando a pressão local e a pressão de um referencial, sendo ele, normalmente, o nível do mar [6].

Portanto, a importância do barômetro para o presente trabalho se dá pelo fato de que um sistema de mapeamento indoor, geralmente, precisa identificar o pavimento no qual o dispositivo se encontra, e através da altitude, tal informação pode ser extraída.

## 2.5 Giroscópio

Leão(2011), explica que uma possível definição para um giroscópio seria: "Um corpo rígido girando no espaço em torno do seu eixo de simetria"[13, p. 1].

Forhan(2010), por sua vez, explica que o giroscópio mede a velocidade de rotação de um objeto em torno do centro de rotação [20, p. 19].

Ou seja, percebe-se que um giroscópio é capaz de medir a rotação de um objeto e, através dele, pode-se saber a direção pela qual o usuário está caminhando.

## 2.6 Magnetômetro

Magnetômetros são capazes de medir a intensidade, direção e sentido de campos magnéticos em sua proximidade. Carvalho(2011), explica que, mesmo o magnetômetro não sendo um sensor do tipo inercial<sup>1</sup>, é comum ser utilizado, juntamente com o acelerômetro e o giroscópio, em sistemas capazes de rastrear movimentos [7, p. 27].

Moura(2013), informa que magnetômetros são "dispositivos empregados na medição da intensidade e, possivelmente, da direção e sentido de campos magnéticos"[8, p. 36].

Ou seja, conforme explica Morimoto(2012), são dispositivos utilizados para medir a intensidade e direção de campos magnéticos. Para estimar a localização, os magnetômetros utilizam do geomagnetismo para obter a direção, além de oscilações presentes no campo magnético introduzidas pelas paredes(já que possuem metais em sua composição) e em outros obstáculos presentes em edificações [28]. Já o geomagnetismo "é uma ciência cujo objeto de estudo é a atividade magnética da terra(de origem natural)", conforme elucida Monteiro(2008) [21, p. 1].

## 2.7 Sistema Microeletromecânico

Forhan(2010), explica que uma estrutura MEMS é um sistema eletromecânico, de dimensão micrométrica, que possui três partes fundamentais: sensor, interface analógica(para aquisição, transmissão e amplificação do sinal vindo do sensor), além da parte de controle digital e processamento numérico [20, p. 17].

Conforme explica a empresa Sensera, MEMS também podem ser definidos como sendo implementações microscópicas de elementos mecânicos e eletromecânicos que são produzidos através de técnicas de microfabricação, além de elucidar que são amplamente utilizados em produtos cotidianos, como smartphones e outros dispositivos [29].

---

<sup>1</sup>Dispositivo MEMS capaz de monitorar variações de velocidade e aceleração

Grakin(2014), elucida que devido seu tamanho e baixo custo, há vários sensores nos celulares atuais, tais quais acelerômetro, giroscópio, sensor de pressão e de luz e em sua maioria são MEMS [9, p. 1].

## **2.8 Fusão de Sensores**

Elmenreich(2002), explica que ocorre fusão de sensores quando a combinação de dados oriundos de sensores, ou derivados, produz informações, em certo sentido, melhores do que seria possível caso tais sensores fossem utilizados de forma individual [10, p. 3].

Quando usados de forma isolada, os sensores sofrem interferências que podem gerar erros no valor apresentado, além de erros de arredondamento que se acumulam e fazem o erro aumentar. Para minimizar esses erros, utiliza-se a fusão de sensores.

## **2.9 Trabalhos Relacionados**

Todos os conceitos apresentados na seção anterior podem ser utilizados no desenvolvimento de sistemas baseado em localização. Esta seção visa apresentar alguns trabalhos relacionados a localização indoor.

Simões e Catalão apresentam uma solução de um serviço baseado na localização em ambientes fechados, com base em rede WiFi, para o campus da Universidade de Lisboa, combinando várias tecnologias e desenvolvendo uma aplicação móvel, na linguagem Android [11].

Mendes et al. apresenta a tecnologia LPS (Sistemas de posicionamento local), algumas técnicas de posicionamento, e resultados parciais da utilização de aplicativo um aplicativo (IndoorAtlas) para o mapeamento de ambientes fechados, aplicado Instituto Federal Farroupilha Campus São Borja [15].

Rodrigues investiga as vantagens e desafios da utilização de múltiplas tecnologias radiofrequência compatíveis com as tecnologias Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee(protocolo de baixo consumo destinado a aplicações embarcadas) para realizar localização em ambientes internos. E utiliza dois métodos, sendo um deles baseado em mapa de assinaturas (fingerprinting map) e o outro baseado em modelos de propagação do sinal de radiofrequência [23].

Paiva apresenta um simulador interativo que analisa algoritmos de localização bi-dimensionais, com base em mapas de assinatura de intensidade de sinal recebido(RSSI). A implementação ocorreu em Matlab e um sistema de posicionado baseado na rede WLAN(rede local que usa ondas de rádio para fazer uma conexão Internet) foi implementado para validação do simulador [14].



Li realizou pesquisas sobre sistema de posicionamento interno, comparou as tecnologias existentes e concluiu que a localização geomagnética pode ser a melhor solução para posicionamento interno, quando se pretende encontrar uma solução sem custos. Para isso, ele utilizou a API fornecida pelo IndoorAtlas e desenvolveu uma aplicação executada na plataforma Android, funcionando em um dos pavimentos de um edifício no Campus principal da TAMK(Tampere University Of Applied Sciences) [24].

### 3 DESENVOLVENDO O CI LOCALIZE

Inicialmente tentou-se utilizar apenas o GPS e o Barômetro para desenvolver o sistema, visto que o GPS fornece a localização bidimensional e o barômetro pode ser utilizado para medir a altitude, entretanto, a precisão do GPS em ambientes fechados não mostrou-se satisfatória devido as interferências encontradas em ambientes internos, além disso, para o barômetro estimar a altitude de forma mais precisa, seria necessário ter a pressão atmosférica reduzida ao nível do mar, entretanto, é um valor que muda constantemente, dependendo, principalmente, das condições climáticas. Também foi tentada a utilização do acelerômetro, para medir a velocidade e consequentemente estimar a localização, tendo como base uma posição inicial, mas a ideia foi descartada após encontrar a plataforma Indoor Atlas. Embora o objetivo inicial do trabalho era fazer o aplicativo funcionar em apenas dois pavimentos, ao perceber que os resultados foram satisfatórios, foi decidido fazer o aplicativo de modo a funcionar em todos eles.

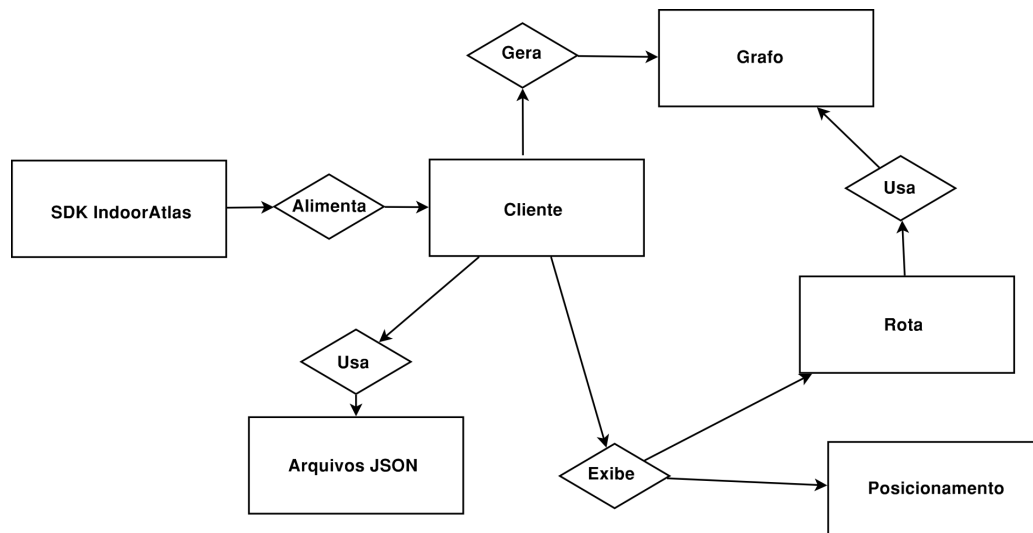
#### 3.1 Visão Geral do CiLocalize

Com base nos estudos realizados, resolvemos desenvolver uma aplicação baseada em um sistema de localização indoor que ajude ao aluno a conhecer ou encontrar seus destinos, tendo como base a edificação do Centro de Informática. A aplicação foi desenvolvida para dispositivos com sistema operacional Android e nomeada CiLocalize. A escolha de tal nicho foi feita, principalmente, devido aos inúmeros sensores e tecnologias que auxiliam o desenvolvimento de aplicações baseadas em localização. Além disso, resolvemos adotar a API disponibilizada pela empresa IndoorAtlas, pois ela fornece funções para auxiliar na localização indoor.

IndoorAtlas é uma plataforma que fornece ferramentas para desenvolver sistemas baseados em localização indoor, como um aplicativo web que pode ser usado para criar localizações, inserir plantas e definir pontos de referências, tais passos serão detalhados mais a frente; Map reator 2, que é um aplicativo que permite gravar os caminhos percorridos entre pontos de referência; e APIs para Android, iOS e Cordova. Após o desenvolvimento, para utilizar o aplicativo, não é necessário informar uma posição inicial, além disso, utilizam um algoritmo que usa fusão de sensores [30], o que acaba tendo resultados melhores do que utilizar apenas um sensor, conforme explicado no capítulo anterior e, por fim, caso uma conta criada na plataforma tenha criado várias localizações, a localização na qual o usuário se encontra é detectada de forma automática, permitindo assim inserir novas localizações sem alterar o aplicativo.

O requisito primário do CiLocalize é, receber como entrada a sala de destino do usuário e apresentar a rota, em tempo de execução, para que o usuário chegue a seu destino de forma rápida e eficiente.

O CI Localize foi projetado conforme a figura a seguir (Figura 2). O cliente se comunica com o servidor do IndoorAtlas para obter sua localização. Além disso, um arquivo JSON contendo informações acerca de pontos de referência, baseado nos dados disponíveis após criar os pontos de referência no aplicativo web da IndoorAtlas(Figura 8), é utilizado para calcular e traçar a rota. O diagrama de classes(Figura 3) mostra uma visão mais detalhada, a estimativa da localização é obtida através do Sdk da Indoor Atlas, cada WayPoint possui uma tag, que é usada na exibição da lista de salas(será explicado na seção de resultados), caso o tipo esteja definido como sendo uma sala, além da latitude e longitude(obtidas e atualizadas através de um método disponível na biblioteca da IndoorAtlas, a cada mudança de posicionamento do usuário) que servem para calcular e exibir rota e do identificador que serve para identificar um ponto de referência e sua lista de vizinhos. O cálculo de menor caminho é feito na classe Grafo, apesar de não parecer importante para o caso específico do CI, criar a rota dessa forma permite expandir a solução mais facilmente, pois assim pode-se interligar locais. As Activities utilizam a localização fornecida pelo Sdk da IndoorAtlas e os dados das classes do pacote Model.



**Figura 2: Diagrama de Fluxo de Dados**

### 3.2 Etapa de Configuração usando o aplicativo web

Na etapa de configuração foi necessário executar três passos através da plataforma web IndoorAtlas:

- **Criar Localização:** Etapa na qual insere-se um nome descritivo para a localização, no caso o Centro de Informática, além do endereço, uma descrição, a latitude e a longitude(Figura 4);

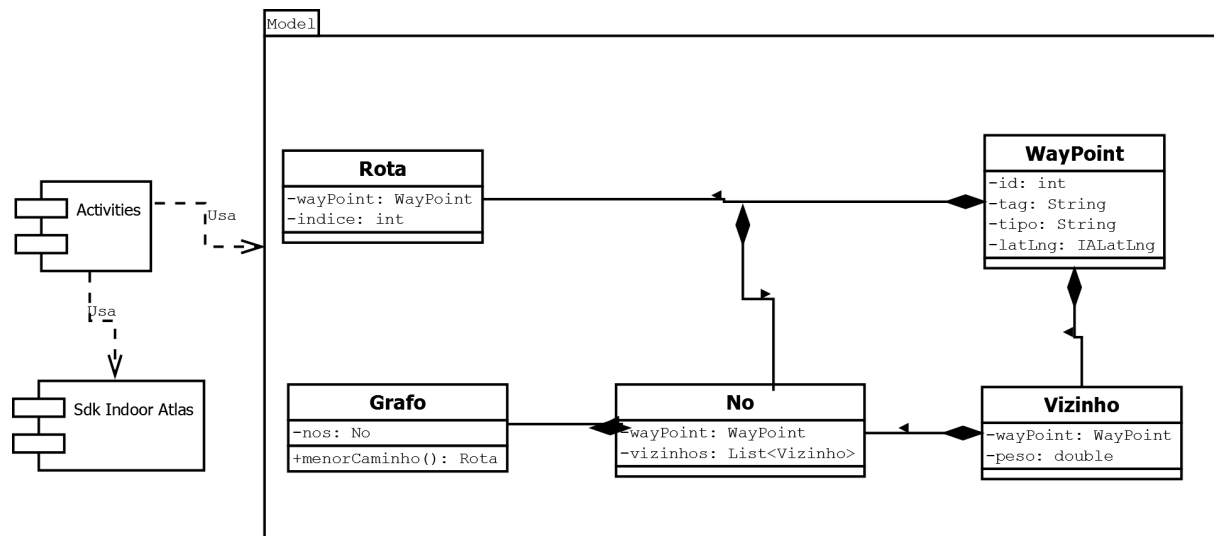


Figura 3: Diagrama de Classes

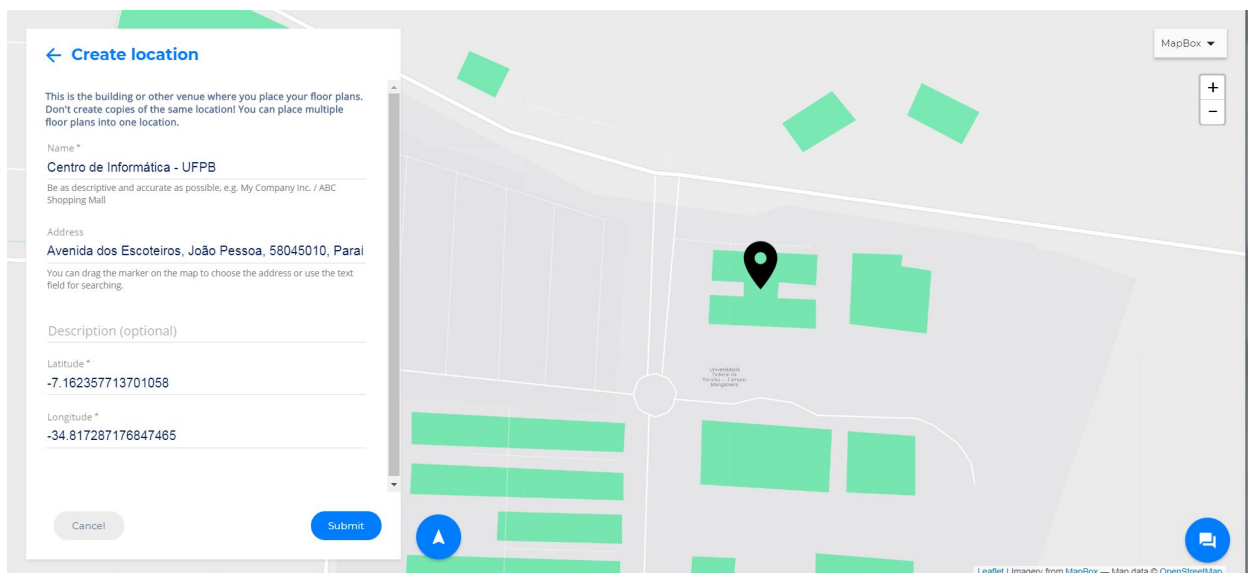


Figura 4: Criação de Localização utilizando a plataforma Indoor Atlas

- Inserir planta: cada planta deve possuir um nome, um número identificador do nível(a mais baixa deve ser zero), além da altitude e de uma imagem, a estimativa da altitude do sub-solo(planta de nível 0) foi feita utilizando o site mygeoposition.com, para cada pavimento seguite foram acrescidos 3 metros de acordo com seu nível, além de sobrepor uma imagem ao edifício(Figuras 5 e 6);

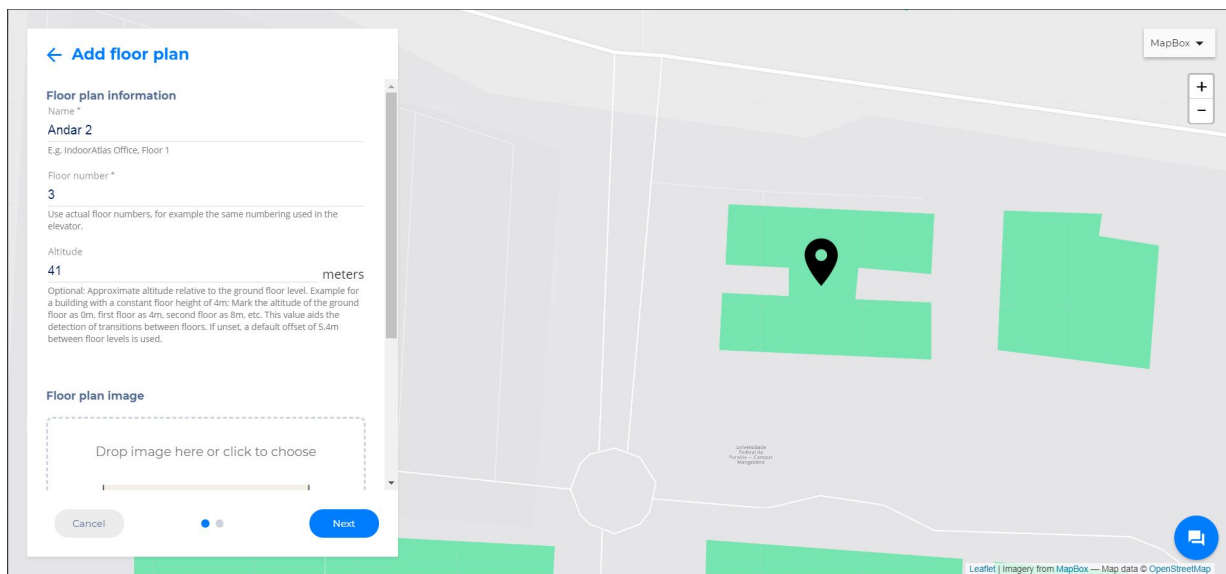


Figura 5: Criação de planta usando a plataforma Indoor Atlas

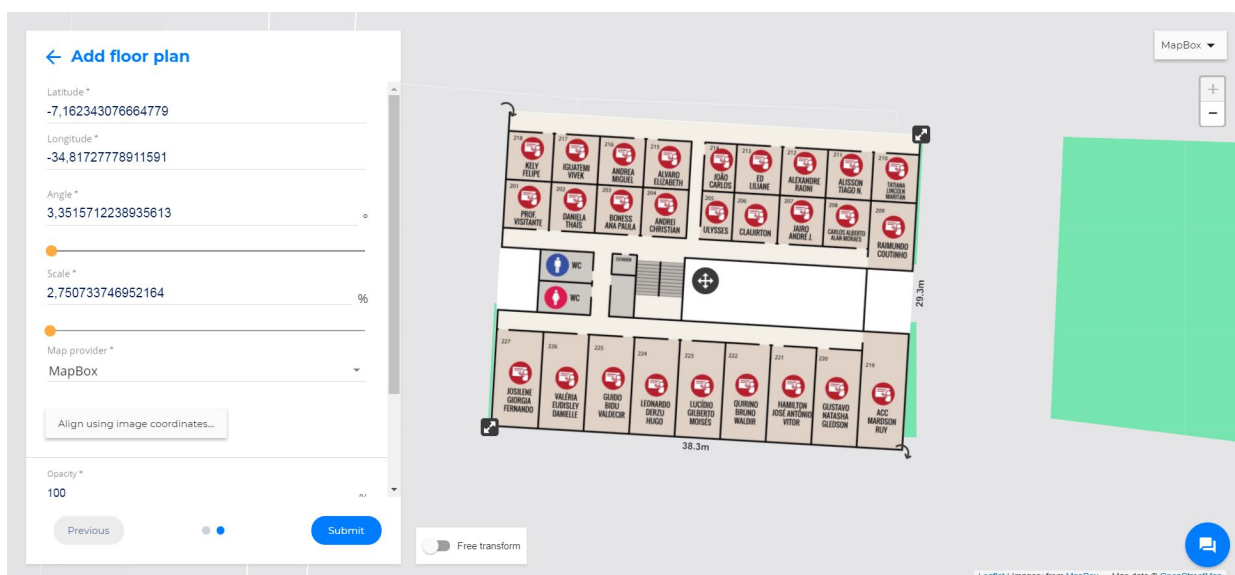


Figura 6: Sobreposição de Imagem

- Definir pontos de referência: Para cada planta criada, foi necessário atribuir pontos de referência, para isso, bastou clicar na posição desejada(Figura 7). Para facilitar a compreensão, cada ponto de referência recebeu um nome descritivo(Figura 8).

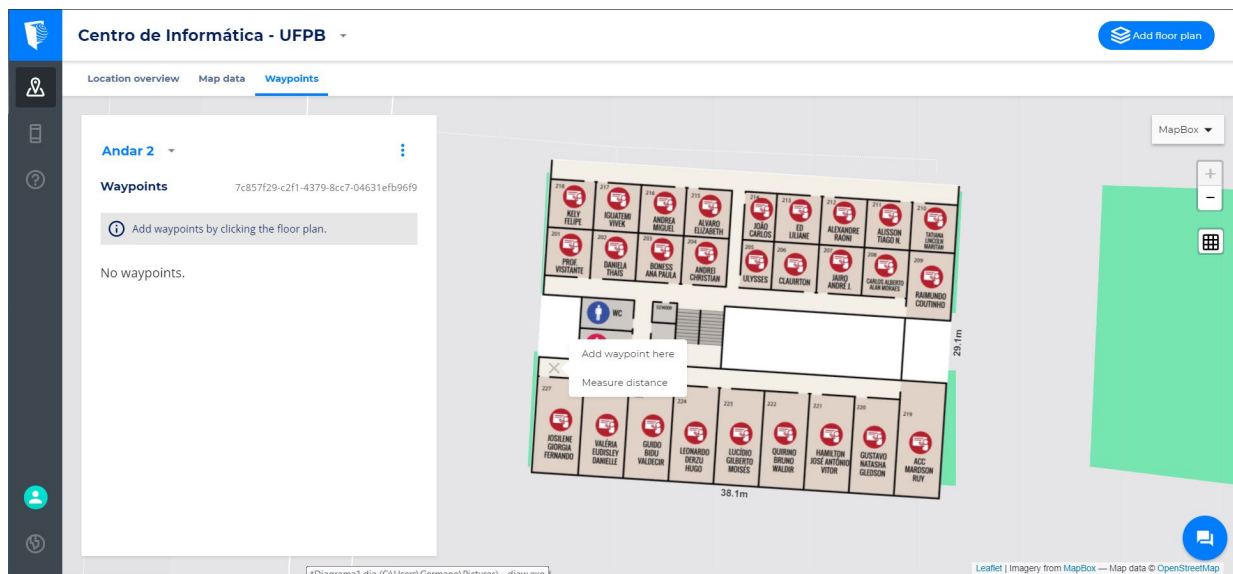


Figura 7: Inserindo um Ponto de Referência

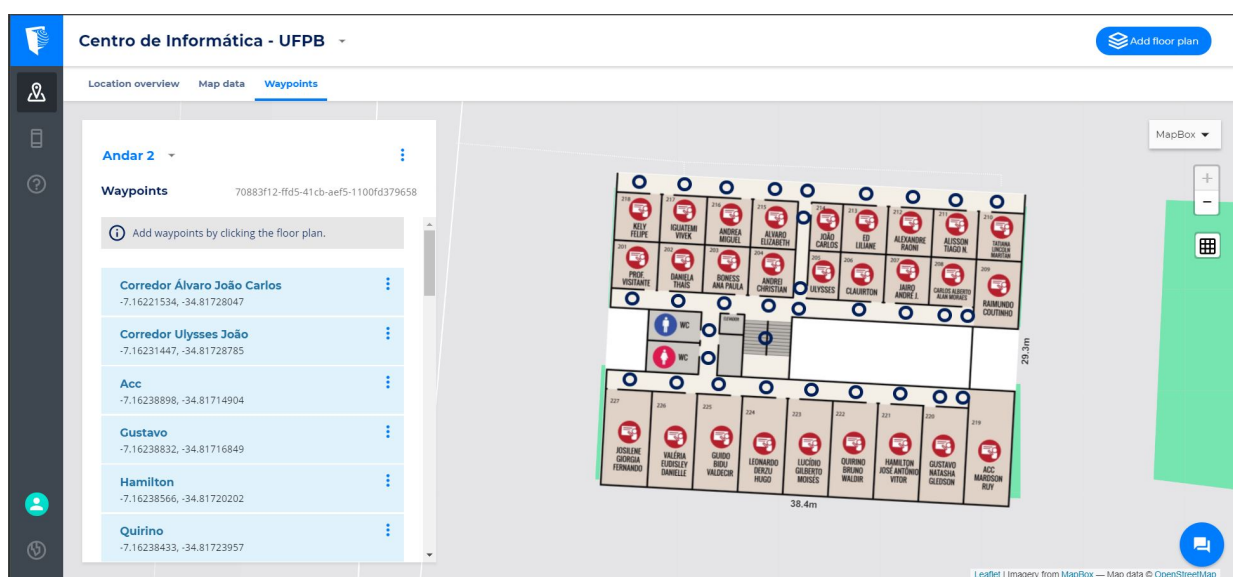
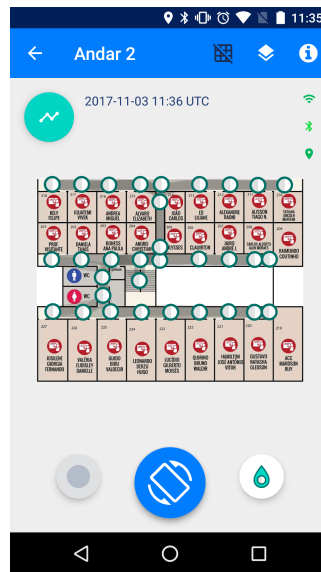


Figura 8: Pontos de Referência

### 3.3 Etapa de Configuração usando o aplicativo Map Creator 2

Após a etapa de configuração usando a plataforma web do IndoorAtlas, foi utilizado o aplicativo Map Creator 2, fornecido pela mesma empresa, para gravar os caminhos percorridos entre pontos de referência, o aparelho utilizado foi o Nexus 5. Antes de de percorrer os caminhos foi necessário realizar uma calibração deixando o dispositivo em um local liso e parado e em seguida girar o aparelho em torno dos três eixos espaciais. Feita a calibração, foi necessário percorrer todo o centro clicando primeiramente em um dos pontos de referência, andando até outro e gravando o caminho, caso o resultado fosse

satisfatório, caso contrário, percorreria o caminho novamente até obter um resultado satisfatório(Figura 9).



**Figura 9: Caminhos percorridos no segundo andar utilizando o aplicativo Map Creator 2**

### 3.4 Qualidade do Mapeamento Realizado com o Map Creator 2

A ferramenta Indoor Atlas permite mensurar a qualidade dos dados coletados através do campo magnético, rede wifi e de beacons <sup>2</sup>. Regiões com cores esverdeadas são avaliadas como sendo "boas", amareladas como sendo "ok", e avermelhadas como sendo "ruins". Em todos os pavimentos, os dados coletados referentes a cobertura do campo magnético foram bastante satisfatórios, sendo considerado "bom" ao longo de praticamente todo o centro, já que a maior parte das regiões percorridas estão com cores esverdeadas, tal como demonstram as figuras seguintes.

---

<sup>2</sup>Dispositivos que utilizam a tecnologia bluetooth e emitem repetidamente um sinal único que outros dispositivos podem sentir <https://endeavor.org.br/beacon/>

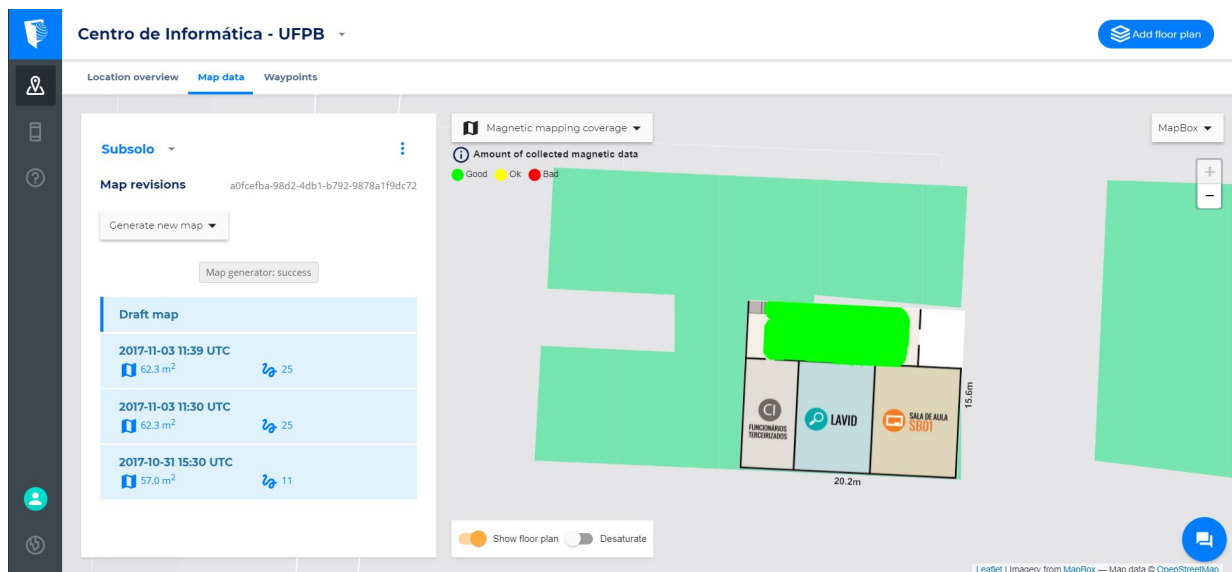


Figura 10: Cobertura do campo magnético no Subsolo

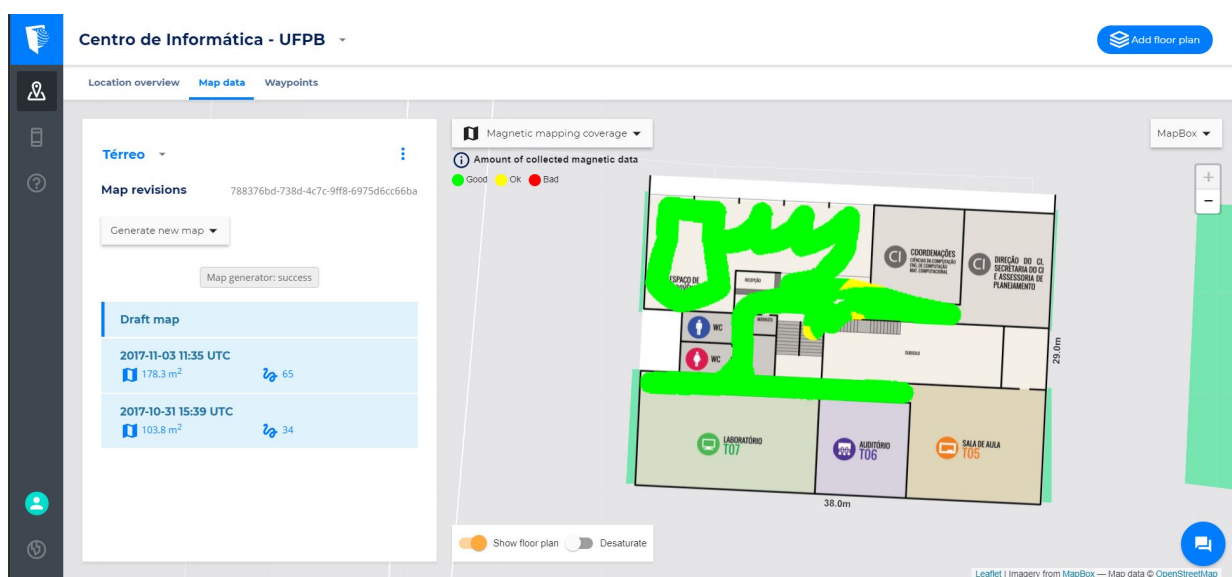


Figura 11: Cobertura do campo magnético no Térreo



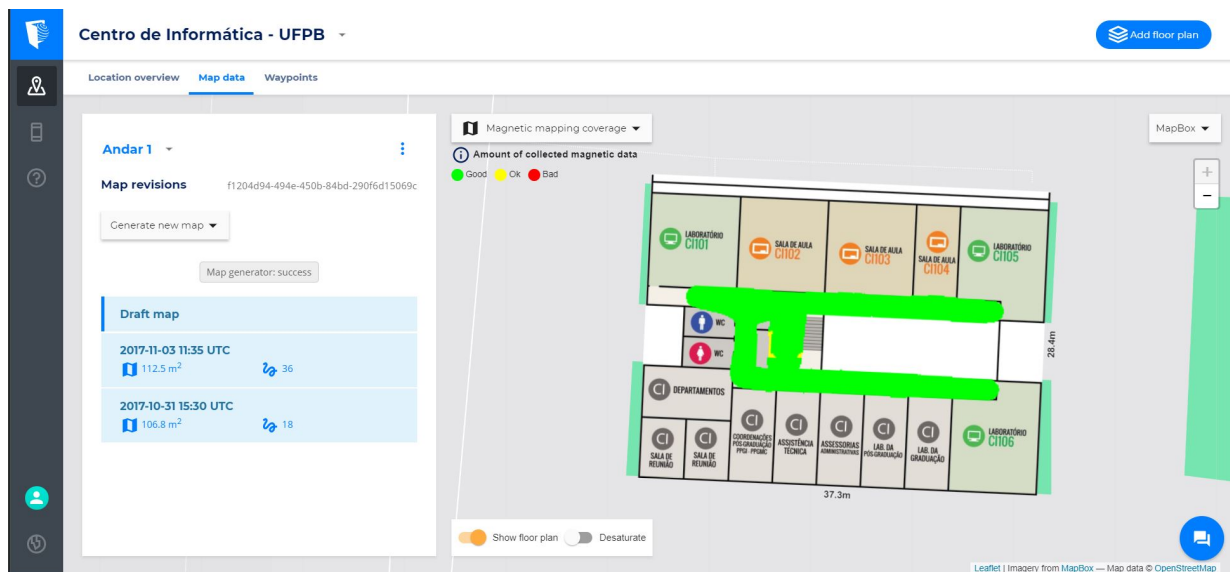


Figura 12: Cobertura do campo magnético no Primeiro Andar

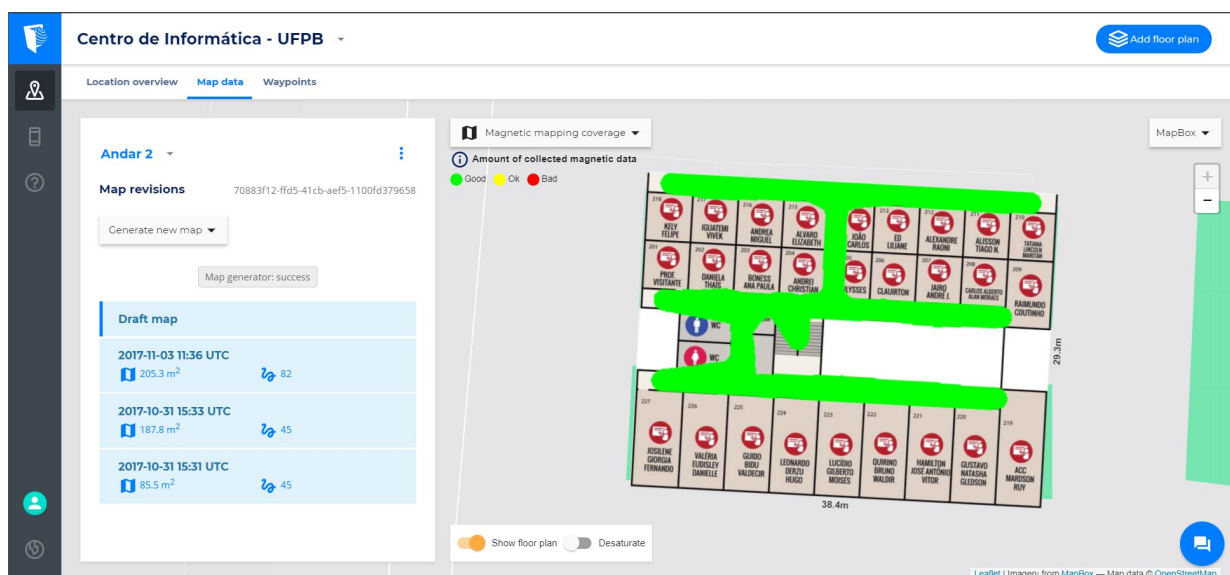


Figura 13: Cobertura do campo magnético no Segundo Andar

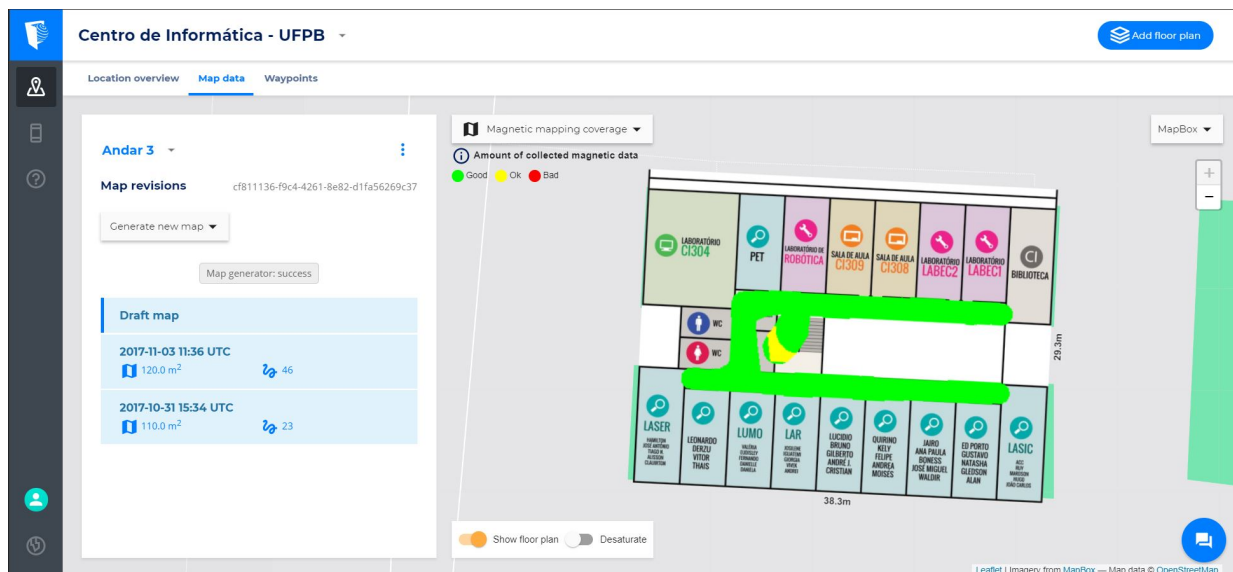


Figura 14: Cobertura do campo magnético no Terceiro Andar

Assim como os resultados da cobertura de campo magnético, a cobertura de rede wi-fi também obteve resultados satisfatórios em todos os pavimentos.

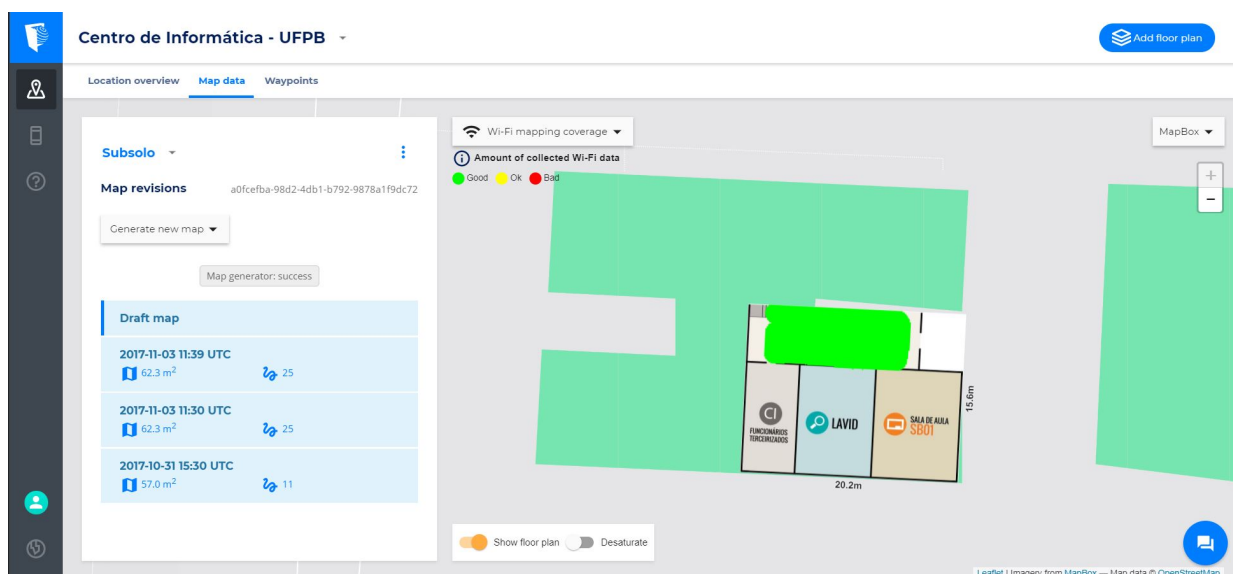


Figura 15: Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Subsolo

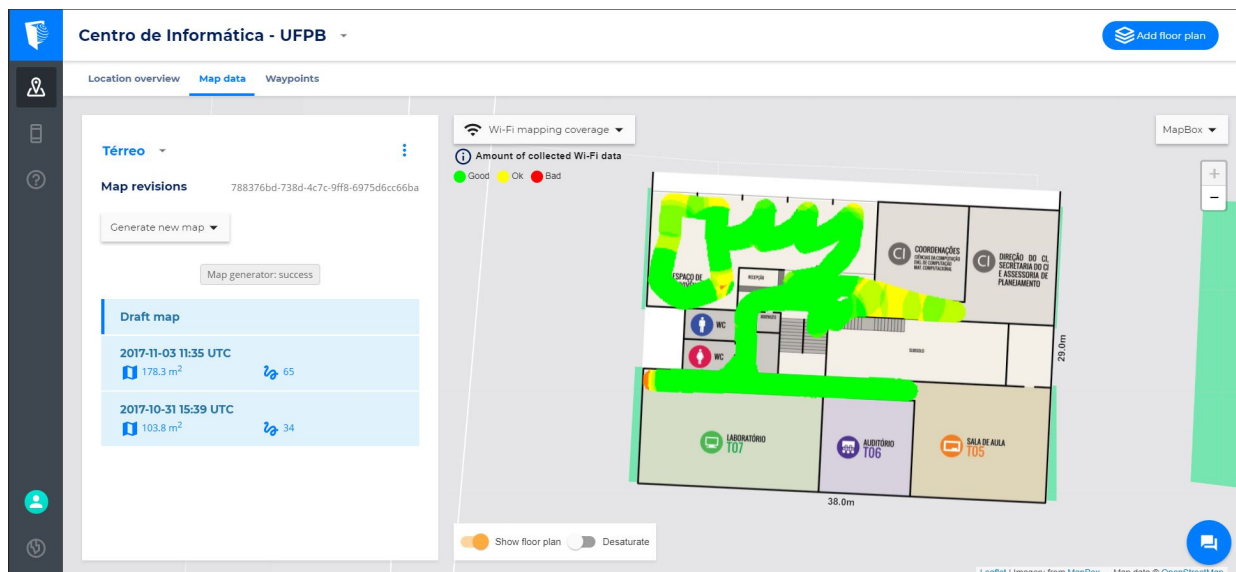


Figura 16: Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Térreo

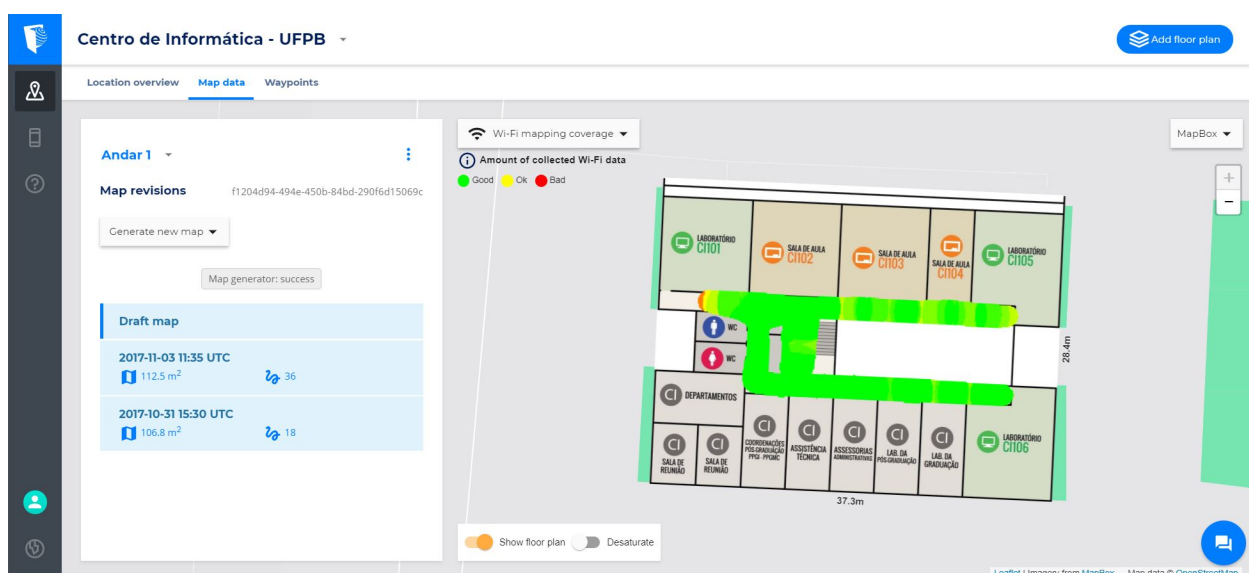


Figura 17: Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Primeiro Andar

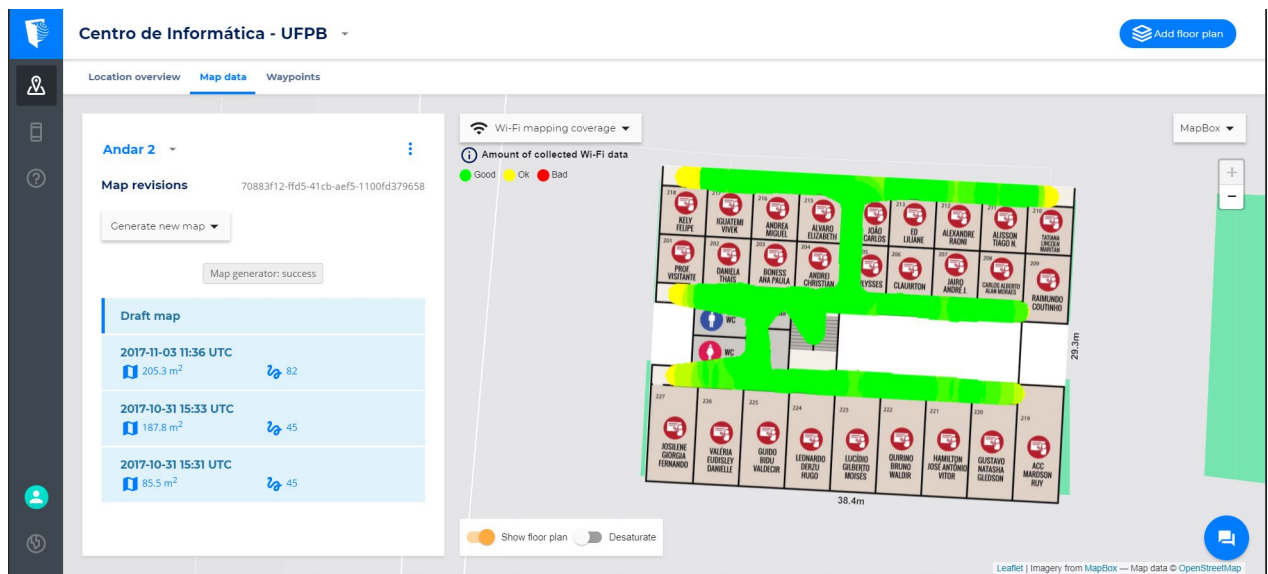


Figura 18: Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Segundo Andar

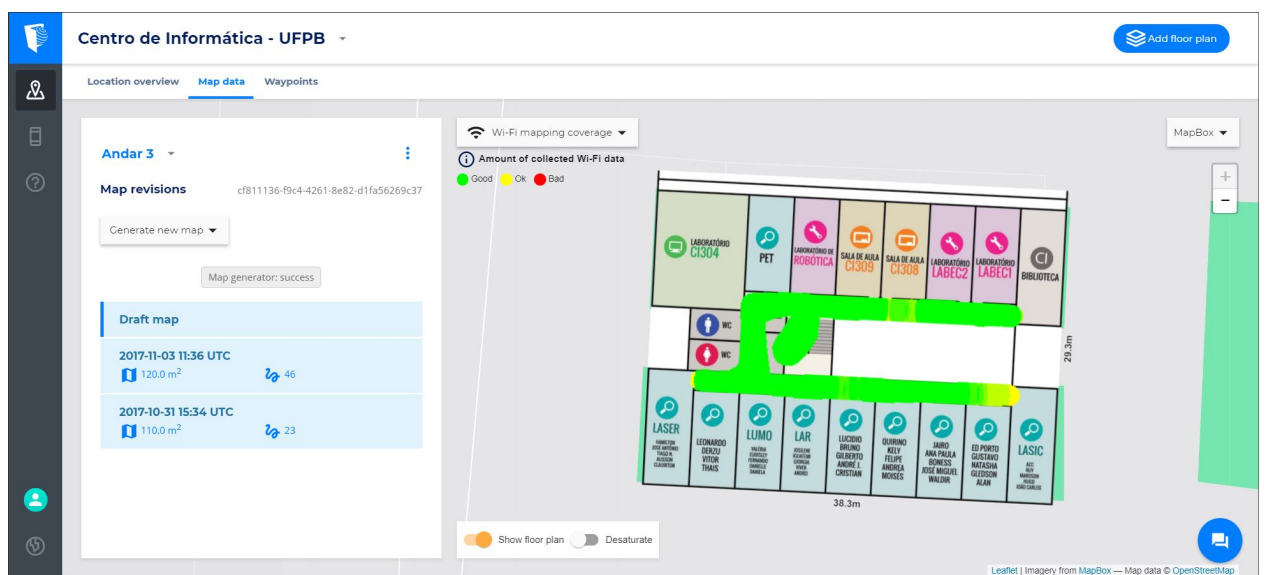


Figura 19: Cobertura do cobertura de rede wi-fi no Terceiro Andar

Entretanto, a qualidade do sinal wi-fi demonstrou-se baixa em determinados locais do centro (regiões avermelhadas e alaranjadas das figuras), por isso, tais regiões podem ocasionar problemas ao trocar dados com o servidor IndoorAtlas e, consequentemente, resultar em algum erro ao estimar o posicionamento.

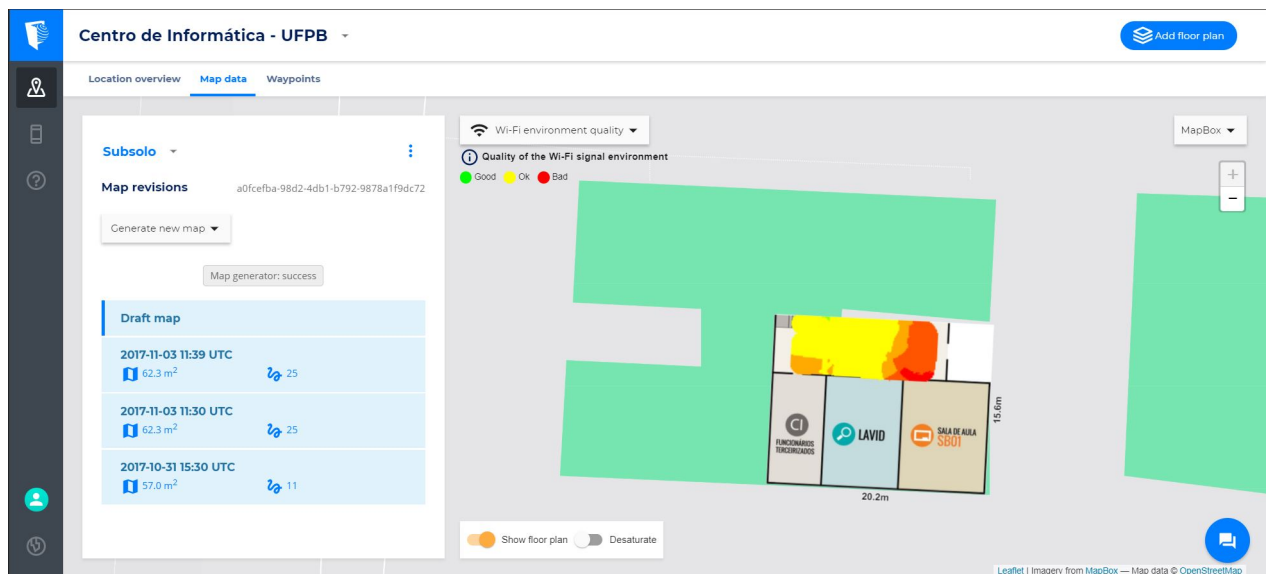


Figura 20: Qualidade do sinal wi-fi no Subsolo

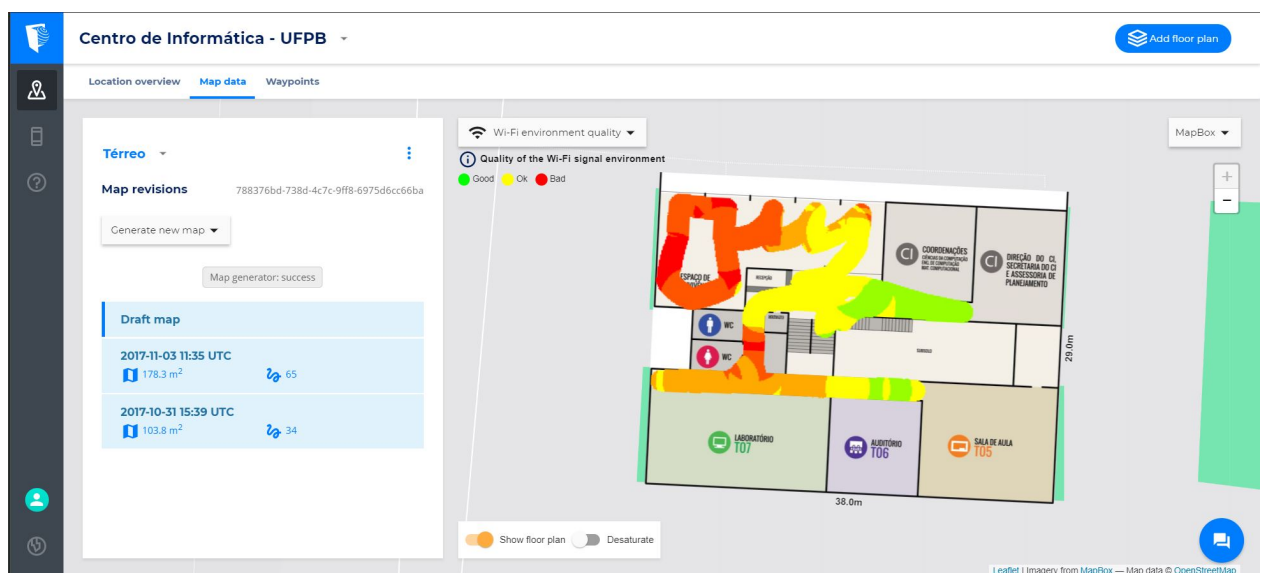


Figura 21: Qualidade do sinal wi-fi no Térreo

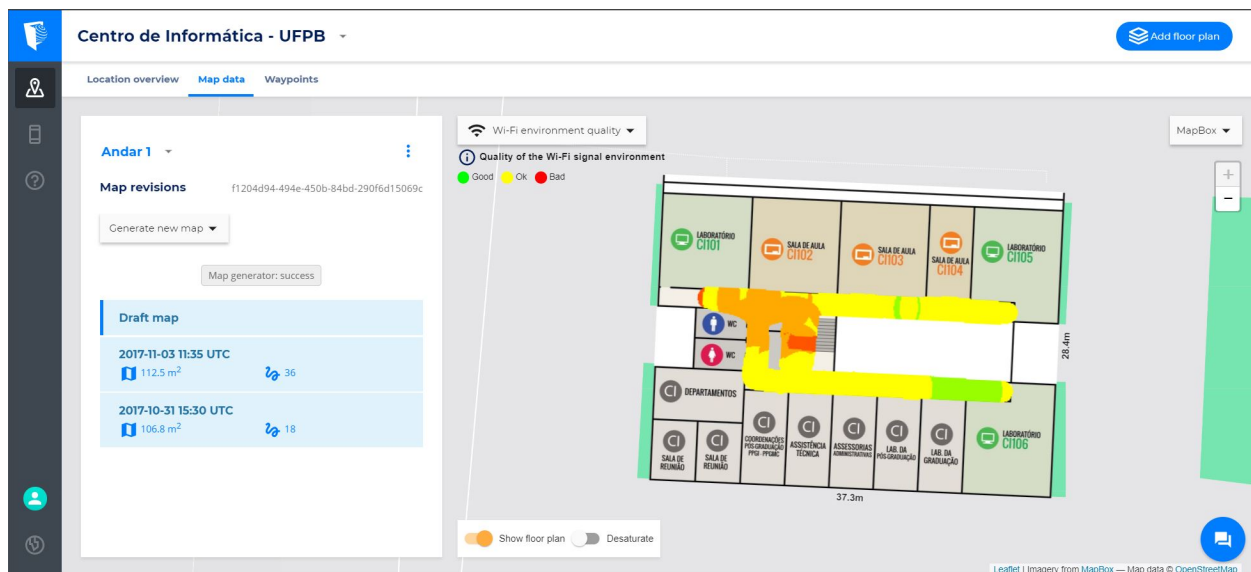


Figura 22: Qualidade do sinal wi-fi no Primeiro Andar

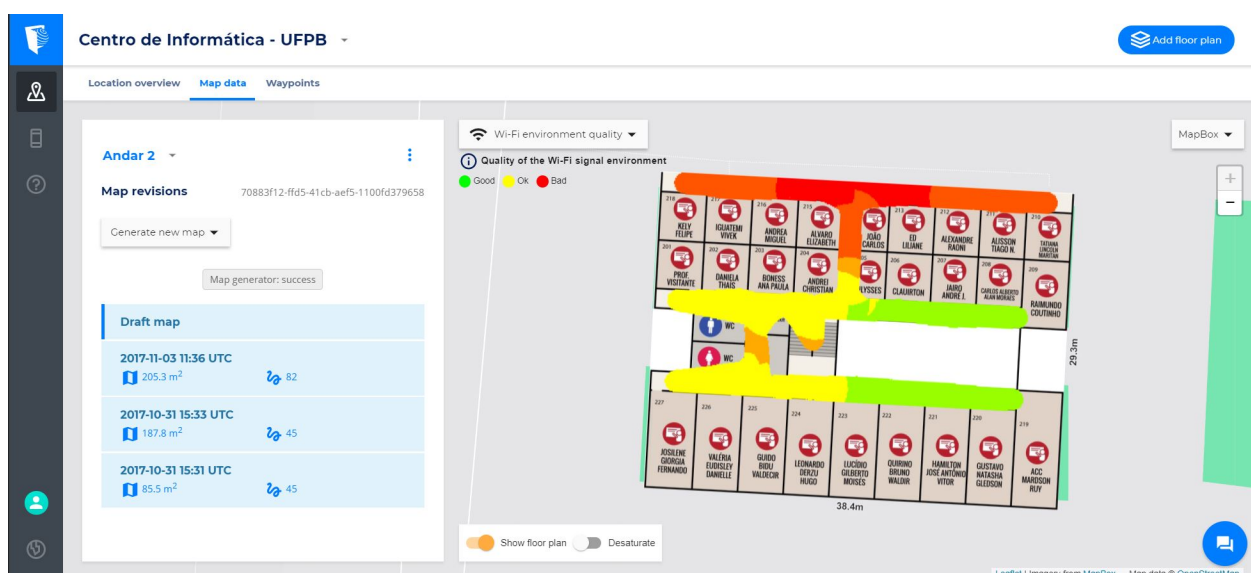
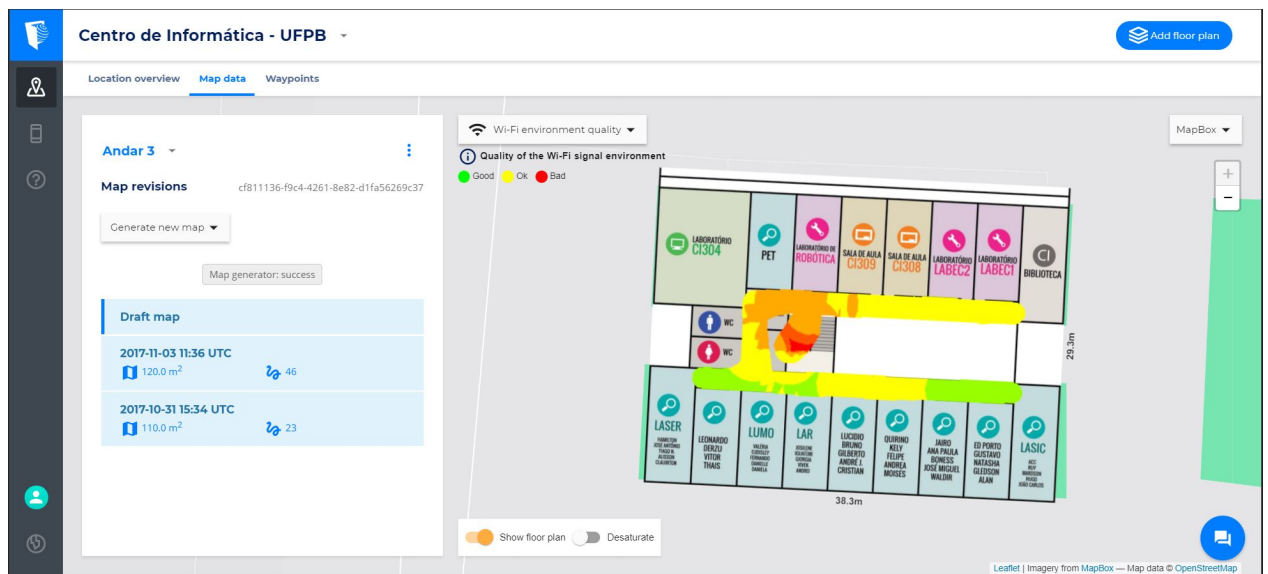


Figura 23: Qualidade do sinal wi-fi no Segundo Andar



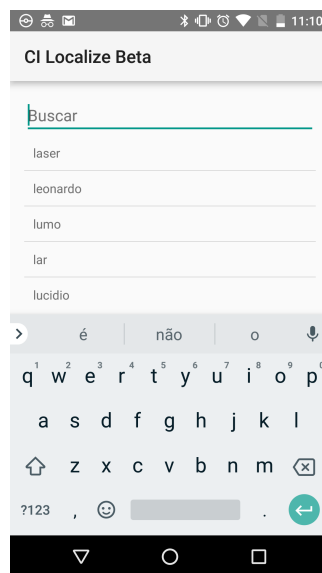
**Figura 24: Qualidade do sinal wi-fi no Terceiro Andar**

Como a edificação não possuía beacons e para o desenvolvimento do presente trabalho não houveram gastos, não houve mapeamento a cerca da qualidade do sinal dos beacons.



## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho teve como resultado um aplicativo que recebe a localização desejada como entrada de dados(Figura 25 e Figura 26) e que exibe uma rota entre a posição inicial e o destino desejado pelo usuário(Figura 27), sendo que os traços vermelhos indicam a rota, o círculo azul a posição do usuário e o círculo verde a posição do destino desejada. O código fonte da aplicação encontra-se disponibilizado no github(plataforma que hospeda código-fonte e utiliza controle de versão) <sup>3</sup>. As imagens dos mapas de cada pavimento foram extraídas do site do CI <sup>4</sup>. Houveram tentativas para estimar o erro referente a localização do usuário, cuja ideia era estimar o erro em áreas estratégicas, sendo elas tanto as que tiveram o mapeamento considerado bom(tais detalhes podem ser visualizados na seção anterior) quanto as que tiveram maus resultados e seria feita comparando a posição do usuário com a posição mostrada na tela, mas as redes Wi-Fi do CI apresentaram instabilidade o que não permitiu que tal análise pudesse ser realizada.



**Figura 25: Entrada de Dados**

---

<sup>3</sup>É possível verificar o código fonte da aplicação através do link <https://github.com/aerocreed/CILocalize>

<sup>4</sup>Site do CI: <http://ci.ufpb.br/mapa/>





Já os requisitos recomendados são <sup>6</sup>:

- Nexus 5 e 5X;
- Nexus 6P;
- Honor 8;
- LG G4 e G5;
- OnePlus 2 e 3;
- Oppo R9s;
- Além de outros dispositivos que contenham acelerômetro, magnetômetro e giroscópio, além da versão do Android ser a 5 ou mais recente.

Não é recomendado utilizar celulares Samsung, pois utilizam filtros que impedem que o sistema de localização da IndoorAtlas funcione de maneira adequada.

---

<sup>6</sup>Requisitos Recomendados: <http://docs.indooratlas.com/technical/supported-devices/>

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A principal proposta do presente trabalho foi a criação de um aplicativo capaz de auxiliar alunos ingressantes na dificuldade em encontrar locais internamente ao Centro de Informática (inicialmente em dois pavimentos). Utilizando ferramentas disponibilizadas pela plataforma IndoorAtlas, foi criado um aplicativo capaz de realizar essa tarefa, não apenas em dois pavimentos, mas em todos os pavimentos presentes na edificação. Ou seja, foi produzido mais do que era almejado inicialmente.

Embora o objetivo inicial tenha sido alcançado, o aplicativo ainda possui algumas limitações, como por exemplo não estimar corretamente a localização do usuário quando ocorre desconexão com a internet, visto que tal estimativa é fornecida através da comunicação com o servidor IndoorAtlas. Outro problema é referente ao tempo de resposta ao usuário referente a localização. Esse problema está relacionado com a base do projeto esqueleto fornecido pela IndoorAtlas <sup>7</sup>, que encontra-se no github. Conforme explicado no capítulo 6, tal projeto esqueleto faz download das imagens dos mapas a cada vez que a aplicação é inicializada, como consequencia, é gerado um tráfego desnecessário visto que essas imagens podem ser armazenadas no dispositivo do usuário.

Ao longo da etapa de desenvolvimento ocorreram alguns problemas. Tentou-se utilizar apenas o GPS e o Barômetro para desenvolver o sistema, mas o resultado alcançado não foi satisfatório. Também tentou-se a utilização do acelerômetro, sendo também descartada a ideia devido a imprecisão e a falta de comodidade em sua utilização, visto que seria necessário iniciar a aplicação a partir de uma posição inicial.

Como trabalhos futuros, planeja-se minimizar o problema de não estimar corretamente a localização, através da utilização de uma nova versão do kit de desenvolvimento fornecido pela IndoorAtlas, tal versão não foi utilizada, pois não estava disponível no momento do desenvolvimento do presente trabalho. Além disso, é preciso melhorar o tempo de resposta ao usuário, carregando os mapas no dispositivo, por exemplo. Outra necessidade é a disponibilização do aplicativo na google play. Feito isso, pode-se também buscar estender o aplicativo para toda a UFPB, realizando as devidas configurações, através das ferramentas disponibilizadas pela IndoorAtlas(conforme explicado no capítulo 3).

---

<sup>7</sup><https://github.com/IndoorAtlas/android-sdk-examples>

## REFERÊNCIAS

- [1] Lima, Gleidson Golçalves de et tal. **Pesquisa de campo 001**. Trabalho apresentado na disciplina de Metodologia Científica, do CI-UFPB. João Pessoa - Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- [2] Portela, Aléxandros Augustus Aranha et tal. **Pesquisa de problemas enfrentados pelos "feras"**. Trabalho apresentado na disciplina de Metodologia Científica, do CI-UFPB. João Pessoa - Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- [3] Duarte, Antônio Vinícius et tal. **Problemas Enfrentados Pelos Novatos Nas Graduações**. Trabalho apresentado na disciplina de Metodologia Científica, do CI-UFPB. João Pessoa - Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- [4] Meneses, Antônio Batista Chaves de et tal. **Projeto de Pesquisa: Dificuldades dos Calouros na UFPB**. Trabalho apresentado na disciplina de Metodologia Científica, do CI-UFPB. João Pessoa - Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- [5] Ribeiro, Maria Isabel. **Análise de Sistemas Lineares**. Lisboa: IST Press, 2002.
- [6] Topus. **Um Altímetro de Baixo Custo**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2015.
- [7] Carvalho, Edilson Alves de; Araújo, Paulo César de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I**. Natal: UFRN, 2011.
- [8] Moura, Rafael Santos. **Desenvolvimento de um Sistema de Orientação Espacial Inercial**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- [9] Grankin, Maxim; Khavkina, Elizaveta; Ometov, Alexander. **Research of MEMS Accelerometers Features in Mobile Phone**. Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Peterburg, Russia, 2014.
- [10] Elmenreich, Wilfried. **An Introduction to Sensor Fusion**. Institut für Technische Informatik, Vienna University of Technology, Austria, 2002.
- [11] Simões, Diogo; Catalão, João. **Navegação indoor baseada na rede WiFi como suporte a serviços baseados na localização: estudo de caso no Campus da UL**. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia - DEGGE, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.
- [12] Albuquerque, Paulo César Gurgel; Santos, Cláudia Cristina dos. Gps Para Iniciantes. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XI, Belo Horizonte - MG, 05 a 09 de abril de 2003.

- [13] Leão, Mauricio Soares; Silva, Samuel da. Análise Dinâmica de um Giroscópio. In: CREEM 2011 XVIII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, XVIII, Erechim - RS, 21 a 24 de novembro de 2011.
- [14] Paiva, Antonio Regilane L. et al. Avaliação de Algoritmos de Localização Indoor baseados em Mapa de Assinatura de WLANs. In: Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT2016, XXXIV, Santarém - PA, 30 de Agosto a 2 de Setembro de 2016.
- [15] Mendes, Natan G. et al. Sistema de posicionamento local IndoorAtlas aplicado no Instituto Federal Farroupilha Campus São Borja. In: Simpósio de Tecnologia da Informação da Região Noroeste do RS, VII, Instituto Federal Farroupilha (IFFar), São Borja - RS, 2016.
- [16] Eissfeller, Bernd et al. : **Performance of GPS, GLONASS and Galileo**. 2007.
- [17] Andrejasic, Matej. **Mems accelerometers**. 2008. University of Ljubljana.
- [18] Padilha, André et al. : **REPARO E CALIBRAÇÃO DO BARÔMETRO DE MERCÚRIO**. 2016. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.
- [19] Ángel, Castellanos Velasco Luis. : **Barómetro**. 2015. Universidad Autónoma de México, Cidade do México, 2015.
- [20] Forhan, Neisy Amparo Escobar. : **Giroscópios MEMS**. 2010. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.
- [21] Monteiro, Martín. : **Geomagnetismo**. 2008. Laboratorio Abierto de Física Electrónica, Montevideo, 2008.
- [22] Kravchinsky, Dr. Vadim. : **Geomagnetism**. 2014. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014, 2014.
- [23] Rodrigues, Moisés Lisboa. **Localização em Ambientes Internos: Utilizando Múltiplas Tecnologias Sem Fio**. 2011. Dissertação – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- [24] Li, Guoliang. **Indoor Positioning System: Research and Develop**. 2015. Tese – Tampere University Of Applied Science, Pirkanmaa, 2015.
- [25] Britannica. Accelerometer - Instrument. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/accelerometer>>. Acesso em: 20 de Setembro de 2017.

- [26] Dimension Engineering LLC. A beginner's guide to accelerometers. Disponível em: <<https://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers>>. Acesso em: 20 de Setembro de 2017.
- [27] Teleco. Localização em Redes GSM II: Métodos de Localização. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallogsm2/pagina\\_2.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriallogsm2/pagina_2.asp)>. Acesso em: 14 de Setembro de 2017.
- [28] Morimoto, Carlos. Sistema de navegação indoor usando o campo magnético da terra. 2012. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/noticias/2012-07/indooratlas.html>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2017.
- [29] Sensera. MEMS and MEMS Microfabrication. Disponível em: <[http://www.sensera.com/What are MEMS.pdf](http://www.sensera.com/What%20are%20MEMS.pdf)>. Acesso em: 12 de Novembro de 2017.
- [30] Indoor Atlas. Can IndoorAtlas' solution use Wi-Fi signals for positioning?. Disponível em: <<http://www.indooratlas.com/faq/>>. Acesso em 26 de Outubro de 2017.
- [31] Patsko, Luís Fernando. TUTORIAL - Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores. Maxwell Bohr, 2006. Disponível em: <[http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_aplicacoes\\_e\\_funcionamento\\_de\\_sensores.pdf](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf)>. Acesso em 11 de Novembro de 2017.
- [32] NH Division of Forests and Lands. Introduction to Global Positioning System. Disponível em: <[http://www.nhdf.org/library/pdf/Forest Protection/Introduction to Global Positioning System.pdf](http://www.nhdf.org/library/pdf/Forest%20Protection/Introduction%20to%20Global%20Positioning%20System.pdf)>. Acesso em 20 de Março de 2018.